

## Lead-free and cadmium-free glass compositions for glazing, enameling and decorating glass of glass-ceramics

**Publication number:** DE19721737

**Publication date:** 1998-11-12

**Inventor:** SIEBERS FRIEDRICH DR (DE); BECKER OTTMAR DR (DE); WEINBERG WALDEMAR DR (DE); AUCHTER-KRUMMEL PETRA DR (DE)

**Applicant:** SCHOTT GLAS (DE)

**Classification:**





**- international:** C04B41/86; C03C3/083; C03C3/091; C03C8/02; C03C8/04; C03C8/06; C03C8/14; C03C10/14; C03C17/04; C04B41/86; C03C3/076; C03C8/00; C03C10/00; C03C17/02; (IPC1-7): C03C3/091; C03C3/083; C03C8/02; C03C10/14; C03C17/04

**- european:**

**Application number:** DE19971021737 19970524

**Priority number(s):** DE19971021737 19970524

**Also published as:**

 EP0879801 (A1)  
 US6043171 (A1)  
 JP11043352 (A)  
 EP0879801 (B1)

**Report a data error here**

Abstract not available for DE19721737

Abstract of corresponding document: **US6043171**

The lead- and cadmium-free glass composition for glazing, enameling and decorating glass or glass-ceramic articles contains high quartz and/or keatite solid solution crystals as principal crystalline phases after crystallization and a low thermal expansion coefficient of less than  $2 \times 10^{-6}/K$  at temperatures between 20 and 700 DEG C. This glass composition contains Li<sub>2</sub>O, 0 to 5% by weight; Na<sub>2</sub>O, 0 to 5% by weight; K<sub>2</sub>O, less than 2% by weight; MgO, 0 to 3% by weight; CaO, 0 to 4% by weight; SrO, 0 to 4% by weight; BaO, 0 to 4% by weight; ZnO, 0 to 4% by weight; B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 15 to 27% by weight; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 10 to 20% by weight; SiO<sub>2</sub>, 43 to 58% by weight; TiO<sub>2</sub>, 0 to 3% by weight and ZrO<sub>2</sub>, 0 to 4% by weight, Sb<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 0 to 2% by weight; F, 0 to 3% by weight in exchange for oxygen and up to 30% by weight of at least one inorganic pigment resistant to a burning-in temperature on the glass or the glass-ceramics. The sum total amount of Li<sub>2</sub>O, Na<sub>2</sub>O and K<sub>2</sub>O must be from 1 to 10% by weight. An average bending tensile strength of a glass-ceramic or glass article completely coated with the glass composition after burning-in is greater than 30 MPa.

---

Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

12 Patentschrift  
10 DE 197 21 737 C 1

51 Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**C 03 C 3/091**  
C 03 C 3/083  
C 03 C 17/04  
C 03 C 10/14  
C 03 C 8/02

21 Aktenzeichen: 197 21 737.0-45  
22 Anmeldetag: 24. 5. 97  
43 Offenlegungstag: -  
45 Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 12. 11. 98

DE 197 21 737 C 1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

73 Patentinhaber:  
Schott Glas, 55122 Mainz, DE

72 Erfinder:  
Siebers, Friedrich, Dr., 55283 Nierstein, DE; Becker,  
Ottmar, Dr., 63225 Langen, DE; Weinberg,  
Waldemar, Dr., 55444 Seibersbach, DE;  
Auchter-Krummel, Petra, Dr., 55578 Vendersheim,  
DE

56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:

DE	1 95 12 847 C1
DE	42 01 286 C2
DE	42 41 411 A1
US	54 47 891
US	53 26 728
EP	05 09 792 A2

54 Blei- und cadmiumfreie Glaszusammensetzung zum Glasieren, Emaillieren und Dekorieren von Gläsern oder Glaskeramiken sowie Verfahren zur Herstellung einer damit beschichteten Glaskeramik

57 Blei- und cadmiumfreies Glas zum Glasieren, Emaillieren und Dekorieren von Gläsern oder Glaskeramiken, die nach der Kristallisation Hochquarz- und/oder Keatit-Mischkristalle als Hauptkristallphase enthalten und eine niedrige Wärmeausdehnung von weniger als  $2 \times 10^{-6}/K$  zwischen 20 und 700°C aufweisen, der Zusammensetzung (in Gew.-%)  $Li_2O$  0-5,  $Na_2O$  0-5,  $K_2O < 2$ ,  $\Sigma Li_2O + Na_2O + K_2O$  1-10,  $MgO$  0-3,  $CaO$  0-4,  $SrO$  0-4,  $BaO$  0-4,  $ZnO$  0-4,  $B_2O_3$  15-27,  $Al_2O_3$  10-20,  $SiO_2$  43-58,  $TiO_2$  0-3,  $ZrO_2$  0-4,  $Sb_2O_3$  0-2,  $F$  0-3, im Austausch gegen Sauerstoff und mit bis zu 30 Gew.-% eines bei Brenntemperatur beständigen Pigmentes, wobei die mittlere Biegezugfestigkeit der vollflächig dekorierten Glaskeramiken nach dem Einbrand größer als 30 MPa ist.

: 197 21 737 C 1

Die Erfindung betrifft blei- und cadmiumfreie Glaszusammensetzungen zum Glasieren, Emaillieren und Dekorieren von Gläsern oder Glaskeramiken, die nach der Kristallisation Hochquarz- und/oder Keatit-Mischkristalle als Hauptkristallphase enthalten und sie betrifft das Verfahren zur Herstellung einer mit diesen Glaszusammensetzungen versehenen Glaskeramik.

Übliche Glaskeramiken enthalten Hochquarz- und/oder Keatit-Mischkristalle als Hauptkristallphase, die für den niedrigen Wärmeausdehnungskoeffizienten verantwortlich sind. Je nach Kristallphase und Kristallitgröße können solche Glaskeramiken transparent, transluzent oder opak vorliegen. Die Einfärbung über Farboxide wird je nach gewünschter Anwendung vorgenommen. Hauptsächliches Einsatzgebiet solcher Glaskeramiken mit niedriger Wärmedehnung sind temperaturwechselbeständige Laborgeräte, Kochgeschirre, Brandschutzgläser, Kaminsichtscheiben und besonders auch beheizbare Platten, z. B. Kochflächen.

Dekorüberzugsmassen werden im allgemeinen in die Kategorien "Glasuren" bzw. "Emails" eingeteilt. Die Glasuren bestehen in der Regel aus einem klaren oder eingefärbten Glas (Glasfluß), während Emails Überzugsmassen sind, die färbende, nichttransparente Materialien, wie Pigmente enthalten. Als Pigmente können farbige, anorganische Verbindungen verwendet werden. Hierbei dürfen die Pigmente üblicherweise vom Glasfluß nicht oder nur geringfügig angegriffen werden.

Glasuren und Emails werden auch zum Beschichten und Veredeln von Glaskeramiken eingesetzt. Großflächige Beschichtungen dienen oft dem Schutz, der Abdeckung oder zur Erzielung eines gewünschten Aussehens. Dekorationen werden eingesetzt für Beschriftungen, zur Erzielung eines gewünschten Designs oder auch zur Unterstützung bestimmter technischer Funktionen etwa im Fall von Display-Fenstern oder der Markierung von Kochzonen.

Die Glasur oder das Email wird bei Temperaturen, die unterhalb des Erweichungspunktes des zu beschichtenden Gegenstandes liegen, eingebrannt, wobei die jeweilige Glaszusammensetzung der Glasur bzw. des Emails aufschmilzt und sich stabil mit der Oberfläche des Gegenstandes verbindet. Die Einbrenntemperaturen liegen in der Regel unterhalb des Erweichungspunktes des zu beschichtenden Gegenstandes, damit keine unkontrollierte Verformung auftreten kann. Der Brand dient auch der Verflüchtigung organischer Hilfsstoffe, die z. B. als Suspensionsmittel für den Auftrag der Glasur bzw. des Emails eingesetzt werden.

Bei einer Beschichtung von Glaskeramiken oder Gläsern mit einem Wärmeausdehnungskoeffizienten im Bereich von ca.  $4 \times 10^{-6}/K$  und größer ist es möglich, Glasuren oder Emails mit angepaßten Wärmeausdehnungskoeffizienten zu finden. Dabei wird nach dem Stand der Technik angestrebt, daß die Dekorüberzüge einen geringfügig niedrigeren Wärmeausdehnungskoeffizienten aufweisen, als der zu beschichtende Gegenstand. Dadurch soll gewährleistet werden, daß die Glasur oder das Email beim Abkühlen nach dem Einbrand unter Druckspannung gerät und somit auf die Eigenschaften des Substrats keine negative, insbesondere die Festigkeit reduzierende Wirkung ausübt. Bei nichtangepaßten Wärmeausdehnungskoeffizienten werden sich beim Abkühlen Spannungen zwischen Dekorüberzug und Substrat ausbilden, wodurch Craquelles oder Risse entstehen, die bis in das Substratmaterial einlaufen können. Durch die Fehlanpassung werden die hervorgerufenen Spannungen die Haftfestigkeit verschlechtern. Bei größerer Fehlanpassung können die Dekorüberzüge sofort oder im Laufe der Zeit während des Gebrauchs vom Substrat abplatzen.

Probleme ergaben sich bisher bei der Glasur- bzw. Email-Dekoration von Glaskeramiken mit niedriger Wärmeausdehnung auf Basis von Hochquarz- oder Keatit-Mischkristallen, die durch thermische Behandlung, der sogenannten Keramisierung, eines geeigneten Ausgangsglases hergestellt werden. Solche Glaskeramiken zeichnen sich durch eine Wärmeausdehnung von kleiner  $2 \times 10^{-6}/K$  im Temperaturbereich zwischen 20 und 700°C aus. Unter Berücksichtigung des Erweichungspunktes und der thermischen Beständigkeit dieser Glaskeramiken wird die Dekoration üblicherweise bei Temperaturen unter 1200°C erfolgen. Bei den Glaskeramiken wird das Einbrennen der Glasur bzw. des Emails vorzugsweise während des Keramisierungsprozesses durchgeführt, d. h. die Dekorüberzüge werden auf das Grünglas aufgebracht und während der Keramisierung eingebrannt. Für solche Glaskeramiken mit niedrigem Wärmeausdehnungskoeffizienten sind bisher keine wirtschaftlich herstellbaren Dekorüberzüge mit angepaßtem Wärmeausdehnungskoeffizienten verfügbar. Man hat auf verschiedenen Wegen versucht, dieses Problem der Fehlanpassung zu lösen, um das Auftreten gravierender Nachteile bei den gewünschten Eigenschaften zu umgehen.

Insbesondere bei vollflächigen Beschichtungen oder dichten Dekorierungen tritt die Erniedrigung der Biegezugfestigkeit als gravierender Nachteil zutage. Die Erniedrigung der Biegezugfestigkeit beruht zum einen auf der infolge der Fehlanpassung unvermeidlichen Ausbildung von Spannungen zwischen Dekor und Substrat und zum anderen darauf, daß für die Haftung des Dekors auf dem Substrat eine gewisse Anlösung des Substrats durch das Dekor und die Ausbildung einer Reaktionsschicht erforderlich ist. Es ist möglich, dieses Problem der Erniedrigung der Biegezugfestigkeit durch eine sehr leichte Dekorierung zu umgehen, jedoch sind damit vollflächige Beschichtungen zur Erzielung eines Schutzes oder dichtere Dekorierungen als Designausführung nicht möglich. Für eine ausreichende Biegezugfestigkeit beim Handling, Einbau und späteren Gebrauch der dekorierten Glaskeramiken wird eine mittlere Biegezugfestigkeit größer als 30 MPa als notwendig angesehen.

Beispielsweise durch Aufbringen von Dekorüberzügen mit geringen Schichtdicken können die resultierenden Spannungen auch bei Fehlanpassungen der Wärmeausdehnungskoeffizienten verringert werden. Dies bedeutet aber auch, daß die Farbwirkung (Deckkraft, Farbeindruck) sowie die Schutzwirkung erheblich eingeschränkt werden können.

Bisher zum Überzug und/oder zur Dekoration von Glaskeramiken mit niedrigen Wärmeausdehnungskoeffizienten verwendete Glasuren und Emails enthalten häufig Blei und z. T. auch Cadmium. Neben seiner günstigen Wirkung hinsichtlich einer Erniedrigung der Einbrenntemperaturen erlaubt es die Verwendung von Blei und Cadmium gut haftende Dekorüberzüge zu realisieren, obwohl der Wärmeausdehnungskoeffizient in der Größenordnung von  $5 \times 10^{-6}/K$  bis sogar  $10 \times 10^{-6}/K$  liegt. Die Ursache, warum diese Fehlanpassungen zwischen Dekorüberzug und Glaskeramik-Substrate ohne Schaden toleriert werden, wird der Plastizität bleihaltiger Flusse zugeschrieben. Zusätze aus Blei und Cadmium sind darüber hinaus günstig für die Festigkeit dekorierte Glaskeramiken und verleihen den Glasflüssen und Emails eine vergleichsweise gute chemische Beständigkeit gegenüber schwachen Säuren und Basen, wie sie im Haushalt oder auch

der Industrie als Reinigungsmittel eingesetzt werden oder in Lebensmitteln vorkommen.

Trotz dieser günstigen Eigenschaften bleihaltiger Beschichtungen dürfen Glasuren und Emails heute wegen der ungünstigen toxikologischen Eigenschaften von Blei und Cadmium diese Elemente nicht mehr enthalten. In der Literatur sind daher bereits verschiedene Wege vorgeschlagen worden, um Glaskeramiken mit niedriger Wärmeausdehnung ohne die Verwendung von Blei- oder Cadmiumverbindungen zu beschichten.

In der deutschen DE 42 41 411 A1 wird versucht, das Problem der Fehlanpassung zwischen Glaskeramik-Substrat und Dekorschicht durch Zusatz von chemisch inerten, optisch inaktiven, elastischen anorganischen Stoffen zu lösen. Solche Zusätze bestehen z. B. aus Glimmerplättchen, die dem Dekorüberzug eine gewisse Plastizität verleihen. Durch diese Zusätze sind haftfeste und abriebarme Dekorüberzüge realisierbar. Nachteilig ist die aufwendigere Herstellung der Dekorüberzüge, sowie eine nicht immer gewünschte Beeinflussung von Farbton und Reflexion der Überzüge.

Aus der deutschen DE 42 01 286 C2 ist die Verwendung von blei- und cadmiumfreien Glaszusammensetzungen zum Glasieren und Emaillieren von Gläsern und Glaskeramiken mit einer Wärmeausdehnung von weniger als  $5,0 \times 10^{-6}/K$  bekannt. Die vorgeschlagenen Zusammensetzungen enthalten  $Li_2O$  0–12 Gew.-%,  $MgO$  0–10 Gew.-%,  $CaO$  3–18 Gew.-%,  $B_2O_3$  5–25 Gew.-%,  $Al_2O_3$  3–18 Gew.-%,  $Na_2O$  3–18 Gew.-%,  $K_2O$  3–18 Gew.-%,  $BaO$  0–12 Gew.-%,  $SiO_2$  25–55 Gew.-%,  $TiO_2$  0–5 Gew.-% und  $ZrO_2$  0–<3 Gew.-%. Die relativ hohen Gehalte an Alkalien und Erdalkalien, hier besonders  $K_2O$  und  $CaO$ , gestatten es, Dekorüberzüge mit guter Haftfestigkeit zu realisieren. Nachteilig sind die hohen Alkali- und Erdalkali-Gehalte für die chemische Beständigkeit gegenüber Säuren und im Hinblick auf die Festigkeit der dekorierten Glaskeramiken.

Die US-PS 5,326,728 beansprucht eine bleifreie Fritte mit  $SiO_2$  35–50 Gew.-%,  $B_2O_3$  23–30 Gew.-%,  $Al_2O_3$  10–22 Gew.-%,  $Li_2O$  1–3 Gew.-%,  $Na_2O$  0–3 Gew.-%,  $K_2O$  2–5 Gew.-%,  $CaO$  1–5 Gew.-%,  $TiO_2$  0–2 Gew.-% und  $ZrO_2$  0–5 Gew.-%, wobei die Summe  $Li_2O + Na_2O + K_2O$  kleiner 8 Gew.-% und Summe  $CaO + MgO + ZnO + BaO + SrO$  kleiner 7 Gew.-% ist. Auch bei diesen Zusammensetzungen sind Zusätze von  $K_2O$  und  $CaO$  erforderlich, um ausreichende Haftfestigkeiten trotz der Fehlanpassung zu erreichen. Für hohe Ansprüche an die Säurebeständigkeit und die Festigkeit der dekorierten Glaskeramiken sind diese Zusammensetzungen aber oft nicht ausreichend.

Insbesondere die Anwesenheit von  $K_2O$  in Mengen  $>2$  Gew.-% hat sich als äußerst schädlich für die Biegezugfestigkeit dekoriert Glaskeramiken erwiesen. Das Kalium-Atom ist sehr mobil beim Einbrand des Dekors und reichert sich in der Nähe der Reaktionsschicht zwischen Glaskeramik und Dekor an. Dadurch werden zusätzliche Spannungen erzeugt, die die Biegezugfestigkeit deutlich erniedrigen. Die Anwesenheit von  $K_2O$  in Gehalten von 2 Gew.-% und größer gestattet zwar die Anwendung in Form lichter Dekorausführungen. Vollflächige Beschichtungen zum Schutz oder dichte Dekorierungen zur Erzielung von gewünschten ästhetischen Designausführungen sind damit jedoch nur eingeschränkt realisierbar.

Die Aufgabe der Erfindung besteht daher darin, blei- und cadmiumfreie Glaszusammensetzungen zum Glasieren, Emaillieren und Dekorieren von Gläsern oder Glaskeramiken, die Hochquarz- oder Keatit-Mischkristallen als Hauptkristallphase enthalten und eine niedrige Wärmeausdehnung von  $<2 \times 10^{-6}/K$  aufweisen, vorzustellen, die allen Anforderungen genügen. Die Glaszusammensetzungen sollen insbesondere in einem niedrigen und relativ breiten Temperaturbereich problemlos verarbeitet werden können und darüber hinaus Glasuren bzw. Emails liefern, die für den Gebrauch im technischen und häuslichen Bereich sehr gute Eigenschaften bezüglich Haftfestigkeit, chemischer Beständigkeit gegenüber Säuren und Laugen, Glanz, Abriebfestigkeit, Fleckunempfindlichkeit zeigen. Ferner sollen die mit den Glaszusammensetzungen dekorierten Glaskeramiken hohe Festigkeiten besitzen.

Diese Aufgabe wird durch die im Patentanspruch 1 beschriebene Glaszusammensetzung gelöst.

Es hat sich gezeigt, daß die erfindungsgemäße Glaszusammensetzung die Eigenschaften der  $PbO$ - und  $CdO$ -haltigen Glaszusammensetzungen bezüglich Haftfestigkeit, chemischer Beständigkeit und Festigkeit erreicht. Bei vollflächig dekorierten Glaskeramiken erreicht die Biegezugfestigkeit nach dem Einbrand Werte größer als 30 MPa. Darüber hinaus ergeben sich sogar Vorteile hinsichtlich geringerer Fleckempfindlichkeit gegenüber Kontamination. Bei der erfindungsgemäßen Glaszusammensetzung werden viskositätsabsenkende Komponenten, wie Alkalien  $B_2O_3$  sowie ggf. Erdalkalien,  $ZnO$  und  $F$  in relativ engen Grenzen mit Oxiden kombiniert, die am Aufbau des Glasnetzwerks beteiligt sind, insbesondere  $SiO_2$ ,  $Al_2O_3$  ggf. mit geringen Anteilen an  $TiO_2$ ,  $ZrO_2$ ,  $La_2O_3$ ,  $SnO_2$ ,  $Bi_2O_3$  oder  $P_2O_5$ .

Die Summe der Alkalien  $Li_2O$ ,  $Na_2O$  und  $K_2O$  soll zwischen 1 bis 10 Gew.-% liegen. Der Zusatz von Alkalien ist erforderlich, um die gewünschten niedrigen Einbrennttemperaturen zu erreichen. Neben der viskositätsabsenkenden Wirkung sind die Alkalien auch in hohem Maße für den Glanz der aufgetragenen Dekorschicht verantwortlich. Höhere Alkaligehalte verschlechtern die Säurebeständigkeit der aufgetragenen Schichten. Auch wirken sich höhere Alkaligehalte negativ auf die Festigkeit der beschichteten Glaskeramiken aus. Der  $Li_2O$ -Gehalt und der  $Na_2O$ -Gehalt sind auf je 5 Gew.-% begrenzt. Der  $K_2O$ -Gehalt muß unter 2 Gew.-% betragen.  $K_2O$  ist günstig für die Haftfestigkeit der aufgetragenen Dekorschichten, ist aber weniger wirksam hinsichtlich der Absenkung der Viskosität. Ganz besonders negativ wirken sich höhere  $K_2O$ -Gehalte auf die Festigkeit der dekorierten Glaskeramiken aus. Bevorzugt wird ein  $Li_2O$ -Gehalt von 1 bis 4 Gew.-% und ein  $Na_2O$ -Gehalt von 0 bis 3 Gew.-%, sowie ein Alkaligehalt von 2 bis 7 Gew.-%.

Der  $B_2O_3$ -Gehalt liegt zwischen 15 und 27 Gew.-%.  $B_2O_3$ -Zusätze sind erforderlich, um die Glasschmelze gegenüber unerwünschter Entglasung zu stabilisieren.  $B_2O_3$  senkt die Viskosität des Glases und ermöglicht das Einbrennen bei niedrigen Temperaturen.  $B_2O_3$  beeinflußt ferner den Glanz positiv. Bei höheren  $B_2O_3$ -Gehalten als 27 Gew.-% verschlechtert sich die Säurebeständigkeit der Beschichtung. Geringere Gehalte als 15 Gew.-% führen zu einem unzureichenden Viskositätsverhalten. Besonders günstige Eigenschaften erhalten Glaszusammensetzungen mit einem  $B_2O_3$ -Gehalt von 15 bis 23 Gew.-%.

$SiO_2$  und  $Al_2O_3$  sind Hauptbestandteile des erfindungsgemäßen Glases.  $SiO_2$  ist als Netzbildner verantwortlich für die Stabilität, die chemische Beständigkeit und die Festigkeit. Der  $SiO_2$ -Gehalt liegt zwischen 43 und 58 Gew.-%. Höhere  $SiO_2$ -Gehalte sind ungünstig wegen ihrer viskositäts erhöhenden Wirkung und verhindern das Glatfließen der Beschichtung beim Einbrennen. Unterhalb von 43 Gew.-% ist die Säurebeständigkeit der Glaszusammensetzung zu gering. Bevorzugt wird ein  $SiO_2$ -Gehalt zwischen 48 bis 57 Gew.-%.  $SiO_2$  wirkt sich günstig auf die Festigkeit der dekorierten Glaskeramiken aus. Der  $Al_2O_3$ -Gehalt liegt zwischen 10 und 20 Gew.-%.  $Al_2O_3$  fördert die Stabilität des Glases

und verbessert das Abriebverhalten und die Festigkeit der dekorierten Glaskeramiken. Höhere Gehalte als 20 Gew.-% aber erhöhen die Viskosität unzulässig und verschlechtern den Glanz. Geringere Gehalte als 10 Gew.-% weisen dagegen unzureichende Festigkeitswerte auf. Besonders günstige Eigenschaften erhalten Glaszusammensetzungen mit einem  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -Gehalt von 14 bis 19 Gew.-%.

Zusätze von Erdalkalien unterstützen die viskositätsabsenkende Wirkung der Alkalien. Glanz und Haftfestigkeit werden sogar verbessert. Als Zusätze sind maximal 3 Gew.-%  $\text{MgO}$ , maximal 4 Gew.-%  $\text{CaO}$  sowie maximal je 4 Gew.-%  $\text{SrO}$  und  $\text{BaO}$  zulässig. Werden die angeführten Obergrenzen überschritten, verschlechtern sich Säurebeständigkeit und Festigkeit in unzulässiger Weise. In bevorzugter Form liegt die Summe der Erdalkalien bei 1 bis 9 Gew.-%.

Zur Verbesserung des Viskositätsverhaltens und des Abriebs kann die Glaszusammensetzung maximal 4 Gew.-%  $\text{ZnO}$  enthalten. Ein zu hoher  $\text{ZnO}$ -Gehalt führt allerdings zu einer Verschlechterung der Festigkeit.

$\text{Sb}_2\text{O}_3$ -Zusätze sind bis zu 2 Gew.-% zulässig und fördern die Haftfestigkeit der Dekorüberzüge. Höhere Gehalte sind toxikologisch unerwünscht und verschlechtern die Säurebeständigkeit.

Zur Verbesserung der Säurebeständigkeit kann das Glas ferner noch  $\text{TiO}_2$  in Mengen zwischen 0 und 3 Gew.-% enthalten. Höhere  $\text{TiO}_2$ -Gehalte gefährden die Stabilität des Glases.  $\text{ZrO}_2$  kann in Mengen bis zu 4 Gew.-%, bevorzugt bis zu 3 Gew.-% im Glas enthalten sein.  $\text{ZrO}_2$ -Zusätze fördern die chemische Beständigkeit gegenüber Laugen und die Festigkeit der dekorierten Glaskeramiken. Höhere Gehalte verschlechtern den Abrieb und gefährden die Stabilität des Glases gegenüber Entglasung.

Das Glas kann weiterhin Zusätze von Fluor in Höhe von bis zu 3 Gew.-%, bevorzugt bis zu 2 Gew.-% enthalten. Der Zusatz von F verringert die Viskosität und damit die Einbrenntemperatur. Fluor-Ionen ersetzen eine entsprechende Menge von Sauerstoff-Anionen im Glasgerüst. Höhere Gehalte verschlechtern jedoch die Säurebeständigkeit des Glases. Als weitere Zusätze können  $\text{Bi}_2\text{O}_3$ ,  $\text{La}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SnO}_2$  und  $\text{P}_2\text{O}_5$  in dem Glas vorhanden sein. Die maximale Menge der einzelnen Oxide soll 3 Gew.-% nicht überschreiten. Kommen mehrere dieser Oxide gemeinsam zur Anwendung, so soll die Summe der Gehalte dieser Oxide aber 5 Gew.-% nicht überschreiten.  $\text{SnO}_2$ -Zusätze verbessern die chemische Beständigkeit, führen jedoch zu einer Erhöhung der Viskosität.  $\text{La}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Bi}_2\text{O}_3$  und  $\text{P}_2\text{O}_5$  verbessern die Schmelzbarkeit, höhere Gehalte gefährden jedoch die Entglasungsstabilität und die chemische Beständigkeit.

Gaspulver aus Gläsern der erfindungsgemäßen Zusammensetzung können problemlos mit Pigmenten bis zu einem Anteil von 30% Pigment vermischt und dann zur Herstellung farbiger Überzüge, Emails und/oder Dekore verwendet werden. Als Pigmente werden dabei übliche anorganische Materialien benutzt, die bei Brenntemperaturen gegenüber der Glaszusammensetzung im wesentlichen beständig sind. Durch gezielte Zugabe färbender Oxide, die sich in dem Glas lösen, kann die Glasur aber auch in sich gefärbt werden.

Die erfindungsgemäßen Gläser werden zuerst homogen erschmolzen und aus dem gebildeten Glas wird dann durch Mahlen ein Gaspulver mit einer mittleren Korngröße von  $< 10 \mu\text{m}$ , bevorzugt  $< 5 \mu\text{m}$ , hergestellt. Ausgehend von dem so erhaltenen Gaspulver werden dann, ggf. nach Zugabe entsprechender Pigmente, die zu dekorierenden Glaskeramiken beschichtet. Bei der Beschichtung werden allgemein bekannte technische Verfahren wie z. B. Tauchen, Spritzen, Siebdrucken usw. eingesetzt. Die Verarbeitung erfolgt unter Zusatz üblicher organischer Hilfsstoffe und/oder geeigneter Suspendiermittel. Zum Beispiel wird beim Siebdrucken das Pulver mit einem Siebdrucköl vermischt, die Paste mit einem Dreiwalzenstuhl homogenisiert und dann im direkten Siebdruck oder nach dem Abziehbildverfahren (indirekter Siebdruck) aufgetragen. Alternativ erlaubt das Vermischen mit thermoplastischen Hilfsstoffen einen Siebdruck unter Wärme einwirkung. Nach dem Einbrennen auf der zu dekorierenden Glaskeramik erhält man Schichten, deren Dicken üblicherweise zwischen 2 und  $9 \mu\text{m}$  liegen. Die zu beschichtenden Glaskeramiken liegen vorzugsweise im glasigen Ausgangszustand vor. Das Einbrennen der Glasur- bzw. Emailsichten wird bevorzugt während des Keramisierungsprozesses durchgeführt. Die Zusammensetzungen der zu beschichtenden Glaskeramiken und der Keramisierungsprozeß werden in der Literatur z. B. in der EP 220 333 B1 beschrieben. Die Keramisierung erfolgt, je nachdem ob Hochquarz- oder Keatit-Mischkristalle als Hauptkristallphase gewünscht ist, im Temperaturbereich von  $800\text{--}950^\circ\text{C}$  bzw.  $900\text{--}1200^\circ\text{C}$ . Für das Erzielen einer ausreichenden Kristalldichte wird üblicherweise vor der Keramisierung eine Keimbildung bei Temperaturen zwischen  $650$  und  $800^\circ\text{C}$  vorgeschaltet. Besonders günstige Eigenschaften der aus den erfindungsgemäßen Gläsern hergestellten beschichteten Glaskeramiken erhält man dann, wenn man aus dem angegebenen Zusammensetzungsbereich Gläser auswählt, deren Transformations-, Erweichungs- und Verarbeitungstemperaturen deutlich höher liegen, als es dem bisherigen Stand der Technik entspricht. So liegen die Transformationstemperaturen ( $T_g$ ) bei  $450\text{--}650^\circ\text{C}$ , insbesondere bei  $490\text{--}590^\circ\text{C}$ , die Erweichungstemperaturen ( $E_w$ ) bei  $600\text{--}850^\circ\text{C}$ , insbesondere bei  $640\text{--}800^\circ\text{C}$  und die Verarbeitungstemperaturen ( $V_A$ ) bei  $880$  bis  $1150^\circ\text{C}$ , insbesondere bei  $900\text{--}1120^\circ\text{C}$ . Die Wärmeausdehnungskoeffizienten  $\alpha$  zwischen  $20\text{--}300^\circ\text{C}$  liegen bei  $3,5$  bis  $7 \times 10^{-6}/\text{K}$ , bevorzugt bei  $4$  bis  $6 \times 10^{-6}/\text{K}$ . Die relativ hohen Temperaturen für  $T_g$ ,  $E_w$ ,  $V_A$  wirken sich besonders günstig auf die thermische Beständigkeit der Dekorüberzüge aus. So zeigt sich auch nach 75 Stunden bei  $670^\circ\text{C}$  praktisch keine visuell wahrnehmbare Farbveränderung.

Mit den erfindungsgemäßen Gläsern können auf Glaskeramik-Substraten Dekorüberzüge erzeugt werden, die bezüglich Glanz und Abriebbeständigkeit bisherigen  $\text{PbO}$ - und  $\text{CdO}$ -haltigen Gläsern entsprechen. Bezüglich thermischer Beständigkeit und Fleckunempfindlichkeit sind die erfindungsgemäßen Gläser den  $\text{PbO}$ - und  $\text{CdO}$ -haltigen Gläsern sogar überlegen. Ein besonderer Vorteil der erfindungsgemäßen Gläser besteht in ihrer ausgezeichneten Haftung, trotz der sehr großen Unterschiede in der Wärmeausdehnung zwischen Dekorüberzug und Glaskeramik-Substraten, sowie guter chemischer Beständigkeit und in der hohen Festigkeit der damit beschichteten Glaskeramiken. Vollflächig dekorierte Glaskeramik-Produkte besitzen nach dem Einbrand Biegezugfestigkeiten größer als 30 MPa. Selbst bei größeren Schichtdicken der Dekorüberzüge z. B. bis  $9 \mu\text{m}$  zeigen sich auch bei Temperaturschock keine Abplatzungen von der Glaskeramik, wobei große Unterschiede in der Wärmeausdehnung zwischen Dekorüberzug und Glaskeramik toleriert werden. Diese gute Haftung wird über längere Zeiträume im praktischen Einsatz, verbunden mit extremen Temperaturwechseln, beibehalten. Die chemische Beständigkeit und hier besonders die Beständigkeit gegenüber Säuren ist gegenüber bisherigen bleifreien Zusammensetzungen vorteilhaft. Die Festigkeit der mit den erfindungsgemäßen Gläsern beschichteten Glaskeramiken ist besonders bei dichten Dekorausführungen gegenüber bisherigen bleifreien Zusammensetzungen deutlich verbessert.

Die vorliegende Erfindung wird mit Hilfe der folgenden Beispiele weiter verdeutlicht:

Tabelle 1 enthält 16 Beispiele für Glaszusammensetzungen in Gew.-% und die dazugehörigen Meßgrößen, die die Viskosität kennzeichnen, wie Transformationstemperatur ( $T_g$  in °C), Erweichungstemperatur ( $E_w$  in °C), die Verarbeitungstemperatur ( $V_A$  in °C) sowie den Wärmeausdehnungskoeffizienten  $\alpha$  zwischen 200 und 300°C in  $10^{-6}/K$  und die Dichte in  $g/cm^3$ . Die Beispiele 15 und 16 liegen außerhalb des erfindungsgemäßen Zusammensetzungsbereichs und sind zu Vergleichszwecken mit aufgeführt.

Die Gläser gemäß den Beispielen 1 bis 16 werden zu Pulvern mit einer mittleren Korngröße von 1 bis 3  $\mu m$  vermahlen. Das so erhaltene Pulver wird gemäß Tabelle 2 mit Pigmenten vermischt und unter Zusatz von Siebdrucköl auf Fichtenölbasis zu einer Siebdruckpaste verarbeitet. Es werden Viskositäten zwischen 1 und 5 Pa · s mit einem Brookfield-Rheometer gemessen. Mit den erhaltenen Pasten werden zu Glaskeramiken umwandelbare Ausgangsgläser (gem. EP 220 333 B1) bedruckt. Die durchgeführten Siebdrucke beinhalten sowohl verschiedene Dekorausführungen als auch vollflächig bedruckte Prüfmuster. Dabei wird ein Sieb der Maschenweite 150 T verwendet. Die Beschichtungen werden in einem kontinuierlichen Fertigungssofen oder einem Laborofen eingebrannt. Dabei findet auch die Keramisierung des Ausgangsglases in eine Glaskeramik mit Hochquarz-(Versuchs-Nr. 1–16) bzw. Keatit-Mischkristallen (Versuchs-Nr. 17–20) als vorherrschender Kristallphase statt. Die Maximaltemperaturen beim Einbrand sind in Tab. 2 aufgeführt. Nach dem Einbrennen und Keramisieren weisen die Beschichtungen Schichtdicken von ca. 4  $\mu m$  auf. Die gemessenen Eigenschaften sind in Tab. 2 aufgeführt. Die Haftfestigkeit wird an vollflächig dekorierten Prüfmustern durchgeführt. Dabei wird die eingebrannte Dekorschicht mit einem Streifen transparenten Klebefilms (Tesafilem® Typ 104, Fa. Beiersdorf) beklebt. Der Streifen wird fest angerieben und dann ruckartig abgerissen. Die Beurteilung richtet sich danach, wieviele Partikel der Beschichtung an dem Streifen haften. Hierbei bedeutet 0 = keine haftenden Partikel feststellbar, 1 = wenig anhaftende Partikel, für praktische Anwendung unkritisch, 2 = größere Anzahl anhaftender Partikel, 3 = flächiges Abreißen der Dekorschicht.

Die Säurebeständigkeit wird nach einem ähnlichen Schema bezüglich visuell feststellbarer Farbveränderung bewertet, dabei bedeutet 0 = kein erkennbarer Angriff, 1 = sehr geringer Angriff, unkritisch, 2 = merklicher Angriff, 3 = weitgehender Angriff und 4 = völlige Veränderung der Dekorschichten. Es wird mit 4%iger Essigsäure bei Siedetemperatur für 4 h geprüft. Diese Prüfmethode beinhaltet einen relativ starken Angriff, um auch für praktische Anwendungen mit höchsten Anforderungen an die Säurebeständigkeit eine Aussage zu gewinnen.

Die Festigkeit wird an dekorierten Prüfmustern der Abmessung 100 × 100 mm mit einer mittig vollflächig bedruckten quadratischen Form aus 50 × 50 mm getestet. Die Biegezugfestigkeit wird nach der Doppelringmethode (DIN 52300, Teil 5) gemessen. Für jede Beschichtung werden mindestens 12 Prüfmuster bezüglich ihrer Biegezugfestigkeit gemessen. Es wird der Mittelwert in Tabelle 2 angegeben.

Die gemessenen Werte zeigen, daß die erfindungsgemäßen Zusammensetzungen sowohl über gute Haftfestigkeiten als auch über gute Säurebeständigkeit und vergleichsweise hohe Biegezugfestigkeiten (> 30 MPa) verfügen. Diese Kombination wird mit den Vergleichszusammensetzungen nicht erreicht. Die genannten Eigenschaften kommen denen PbO- und/oder CdO-haltiger Glasuren und Emails nahe. Darüber hinaus weisen die Zusammensetzungen gegenüber diesen aber deutlich verbesserte Fleckunempfindlichkeit und thermische Beständigkeit auf. Auch Glanz, Abriebverhalten, Beständigkeit gegenüber basischen Reinigungsmitteln und Reinigungsverhalten nach üblichen und bekannten Standardmethoden zeigen, daß die erfindungsgemäßen Glaszusammensetzungen in hervorragender Weise dafür geeignet sind, PbO- und CdO-haltige Gläser zu substituieren.

Tabelle 1: Glaszusammensetzungen und Eigenschaften

Glas-Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8
Li <sub>2</sub> O	3,1	2,0	4,0	4,0	2,0	3,5	3,0	3,0
Na <sub>2</sub> O	1,0	3,0	---	3,0	4,0	0,5	0,5	1,0
K <sub>2</sub> O	1,0	---	1,5	0,0	---	1,0	---	---
MgO	0,4	---	---	1,0	1,0	1,0	1,8	1,5
CaO	---	---	2,0	2,0	2,0	---	1,0	1,6
SrO	1,0	2,0	---	---	---	0,5	1,8	2,0
BaO	---	---	---	---	---	---	---	---
ZnO	1,4	2,0	---	2,0	---	1,5	1,4	2,0
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17,5	22,5	24,5	19,0	19,0	23,0	17,2	17,0
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17,5	11,5	11,0	12,5	19,0	18,0	17,5	17,7
La <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	---	---	---	---	---	---	---	---
Bi <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	---	---	---	---	---	---	---	---
SiO <sub>2</sub>	54,0	53,0	55,0	55,0	51,0	50,0	53,7	53,2
TiO <sub>2</sub>	1,9	2,0	2,0	1,0	2,0	1,0	1,4	---
ZrO <sub>2</sub>	1,2	---	---	0,5	---	---	0,7	1,0
SnO <sub>2</sub>	---	---	---	---	---	---	---	---
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	---	---	---	---	---	---	---	---
Sb <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	---	2,0	---	---	---	---	---	---
F	---	---	---	---	---	---	---	---
T <sub>g</sub> (°C)	525	497	507	509	533	515	561	561
E <sub>w</sub> (°C)	781	679	660	655	741	706	760	745
V <sub>A</sub> (°C)	1049	978	923	914	1062	1021	1069	1060
$\alpha$ (10 <sup>-6</sup> /K)	4,58	4,95	4,89	5,65	5,18	4,73	4,37	4,67
Dichte (g/cm <sup>3</sup> )	2,341	2,347	2,289	2,396	2,335	2,301	2,378	2,398

n.b. = nicht bestimmt

Glas-Nr.	9	10	11	12	13	14	15	16
Li <sub>2</sub> O	3,1	2,8	3,0	3,0	3,0	---	---	2,8
Na <sub>2</sub> O	---	1,5	0,5	1,0	---	---	1,6	1,8
K <sub>2</sub> O	---	---	---	---	---	---	7,2	12,0
MgO	1,7	0,4	1,0	1,5	1,5	---	---	---
CaO	2,0	---	1,0	2,0	2,0	---	3,6	4,5
SrO	2,3	---	---	---	2,0	---	---	---
BaO	---	3,7	3,0	1,0	---	---	---	---
ZnO	2,2	1,0	1,0	2,0	2,0	---	1,5	---
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16,7	17,3	17,0	17,5	17,0	16,8	24,4	21,8
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16,6	17,1	17,0	16,0	17,0	15,5	17,5	7,5
La <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	---	---	---	0,5	---	---	---	---
Bi <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	---	---	---	---	---	2,0	---	---
SiO <sub>2</sub>	54,3	52,0	53,5	53,0	52,0	53,0	42,2	49,6
TiO <sub>2</sub>	---	1,9	---	---	---	---	---	---
ZrO <sub>2</sub>	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	2,0	---
SnO <sub>2</sub>	---	---	---	1,5	---	---	---	---
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	---	---	---	---	2,0	---	---	---
Sb <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	---	1,3	---	---	---	---	---	---
F	---	---	2,0	---	1,0	1,0	---	---
T <sub>g</sub> (°C)	578	529	509	539	523	523	541	507
E <sub>w</sub> (°C)	755	765	732	724	730	716	762	629
V <sub>A</sub> (°C)	1064	1081	1076	1024	1062	1027	1069	828
$\alpha$ (10 <sup>-6</sup> /K)	4,41	4,86	4,42	4,68	4,30	4,44	5,89	8,17
Dichte (g/cm <sup>3</sup> )	2,408	2,399	2,370	2,414	2,378	2,440	2,342	n.b.

n.b. = nicht bestimmt

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65



Tabelle 2: Herstellung und Eigenschaften der Glasuren und Emails

Versuchs-Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8
Glas-Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8
Pigmentzusatz	20 Gew.-% weiß 1	20 Gew.-% weiß 1	20 Gew.-% weiß 1	20 Gew.-% weiß 1	20 Gew.-% weiß 1	20 Gew.-% weiß 1	20 Gew.-% weiß 1	20 Gew.-% weiß 1
Einbrenn- temperatur	885°C	885°C	885°C	885°C	885°C	885°C	885°C	885°C
Haftfestigkeit	0	1	1	0	0	1	1	1
Säurebeständigkeit 4% Essigsäure	0	0	0	0	0	0	0	0
Biegezugfestigkeit (MPa)	34	35	33	35	33	33	33	33

Versuchs-Nr.	9	10	11	12	13	14	15
Glas-Nr.	9	10	11	12	13	14	15
Pigmentzusatz	20 Gew.-% weiß 1	20 Gew.-% weiß 1	kein	20 Gew.-% braun	20 Gew.-% blau	20 Gew.-% schwarz	20 Gew.-% weiß 1
Einbrenntemperatur	885°C	885°C	885°C	885°C	885°C	885°C	885°C
Haftfestigkeit	1	1	0	0	0	0	0
Säurebeständigkeit 4% Essigsäure	1	1	1	0	2	0	3
Biegezugfestigkeit (MPa)	32	37	41	39	39	50	27

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

5

10

15

20

25

30

35

40

45

Versuchs-Nr.	16	17	18	19	20
Glas-Nr.	16	5	8	12	14
Pigmentzusatz	20 Gew.-% braun	kein	15 Gew.-% braun	20 Gew.-% braun	20 Gew.-% schwarz
Einbrenntemperatur	885°C	1100°C	1100°C	1100°C	1100°C
Haftfestigkeit	0	0	0	0	0
Säurebeständigkeit 4% Essigsäure	0	0	0	1	0
Biegezugfestigkeit (MPa)	21	67	62	92	93

Pigmente:      =      TiO<sub>2</sub> =      Fa. Bayer  
 weiß 1      =      TiO<sub>2</sub> =      Fa. Cookson-Matthey  
 weiß 2      =      TiO<sub>2</sub> =      Fa. Cookson-Matthey  
 blau      =      TiO<sub>2</sub> =      Fa. Cookson-Matthey  
 schwarz      =      TiO<sub>2</sub> =      Fa. Cerdec  
 braun      =      TiO<sub>2</sub> =      Fa. Cerdec

50

## Patentansprüche

55

1. Blei- und cadmiumfreies Glas zum Glasieren, Emaillieren und Dekorieren von Gläsern oder Glaskeramiken, die nach der Kristallisation Hochquarz- und/oder Keatit-Mischkristalle als Hauptkristallphase enthalten und eine niedrige Wärmeausdehnung von weniger als  $2 \times 10^{-6}/K$  zwischen 20 und 700°C aufweisen, **gekennzeichnet durch** eine Zusammensetzung (in Gew.-%) von:

60

Li <sub>2</sub> O	0-5
Na <sub>2</sub> O	0-5
K <sub>2</sub> O	<2
ΣLi <sub>2</sub> O + Na <sub>2</sub> O + K <sub>2</sub> O	1-10
MgO	0-3
CaO	0-4
SrO	0-4
BaO	0-4
ZnO	0-4
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15-27
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10-20
SiO <sub>2</sub>	43-58
TiO <sub>2</sub>	0-3

65

ZrO <sub>2</sub>	0-4
Sb <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0-2
F	0-3

im Austausch gegen Sauerstoff und mit bis zu 30 Gew.-% eines bei Brenntemperatur beständigen Pigmentes, wobei die mittlere Biegezugfestigkeit der vollflächig dekorierten Glaskeramiken nach dem Einbrand größer als 30 MPa ist. 5

2. Glas nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch eine Zusammensetzung von (in Gew.-%):

Li <sub>2</sub> O	1-4	10
Na <sub>2</sub> O	0-3	
K <sub>2</sub> O	<2	
ΣLi <sub>2</sub> O + Na <sub>2</sub> O + K <sub>2</sub> O	2-7	
MgO	0-3	
CaO	0-3	15
SrO	0-4	
BaO	0-3	
ΣMgO + CaO + SrO + BaO	1-9	
ZnO	0-3	
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15-23	20
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14-19	
SiO <sub>2</sub>	48-57	
TiO <sub>2</sub>	0-3	
ZrO <sub>2</sub>	0-3	
Sb <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0-1	25
F	0-2	

im Austausch gegen Sauerstoff und mit bis zu 30 Gew.-% eines bei Brenntemperatur beständigen Pigmentes.

3. Glaszusammensetzung nach den Ansprüchen 1 oder 2, gekennzeichnet durch bis zu 3 Gew.-% eines oder mehrere der Oxide Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SnO<sub>2</sub>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, wobei die Summe der Oxide kleiner ist als 5 Gew.-%. 30

4. Glaszusammensetzung nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 3, gekennzeichnet durch

ΣLi <sub>2</sub> O + Na <sub>2</sub> O + K <sub>2</sub> O + F: 2-7 Gew.-%	
ΣMgO + CaO + SrO + BaO: 1-7 Gew.-%	
ΣAl <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + SiO <sub>2</sub> + TiO <sub>2</sub> + ZrO <sub>2</sub> + SnO <sub>2</sub> + La <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + Bi <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> : 64-75 Gew.-%.	35

5. Glaszusammensetzung nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 4, gekennzeichnet durch Transformations-temperaturen von 450-650°C, insbesondere 490-590°C, Erweichungstemperaturen von 600-850°C, insbesondere 640-800°C, Verarbeitungstemperaturen von 880-1150°C, insbesondere bei 900-1120°C und einem Wärmeausdehnungskoeffizienten α<sub>20/300</sub> bei 3,5 bis 7 × 10<sup>-6</sup>/K, insbesondere 4 bis 6 × 10<sup>-6</sup>/K. 40

6. Glaszusammensetzung nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß das Glas eine mittlere Korngröße < 10 µm, insbesondere < 5 µm aufweist.

7. Glaszusammensetzung nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Schichtdicke nach dem Einbrand < als 9 µm, insbesondere 2-7 µm beträgt.

8. Verfahren zur Herstellung einer mit einer Glaszusammensetzung nach mindestens einem der vorgehenden Ansprüche glasierten, emaillierten und dekorierten Glaskeramik, dadurch gekennzeichnet, daß das Einbrennen der Glasur-, Email-, oder Dekorschichten zusammen mit dem Keramisierungsprozeß des Glases zur Glaskeramik erfolgt. 45

---

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

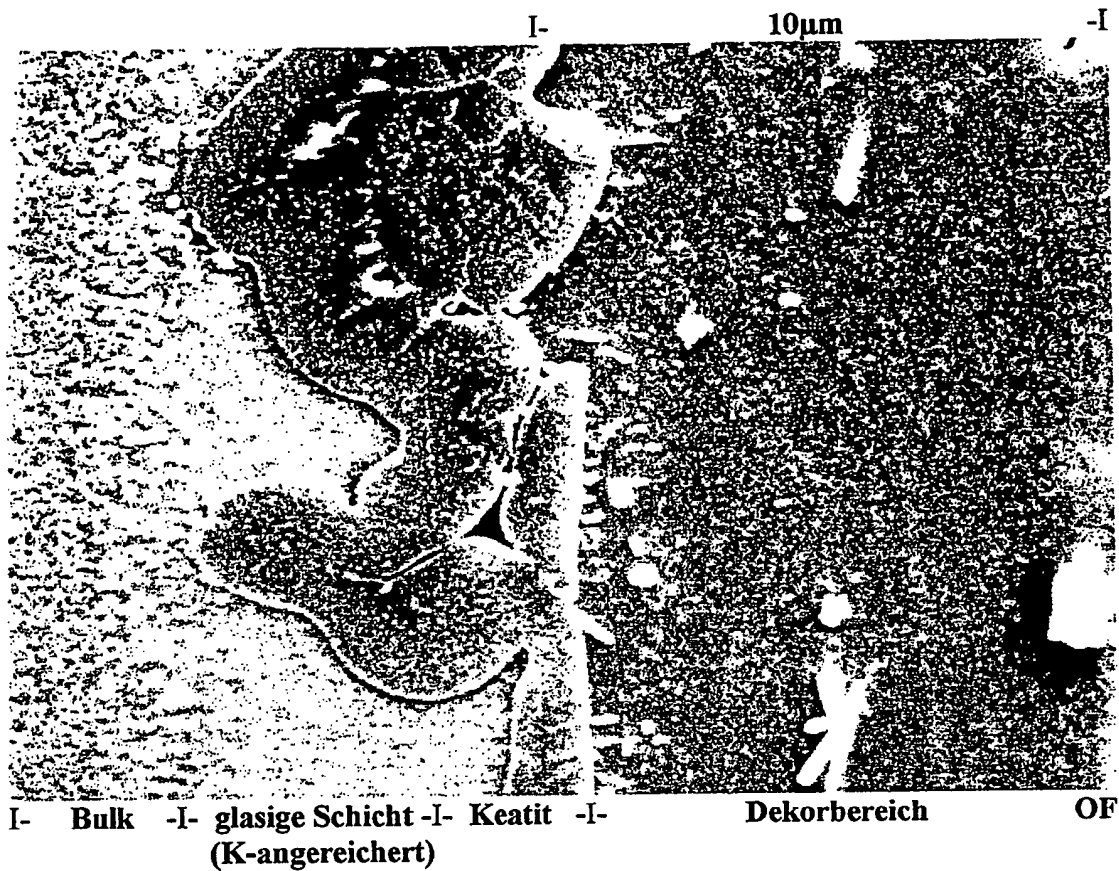
---

50

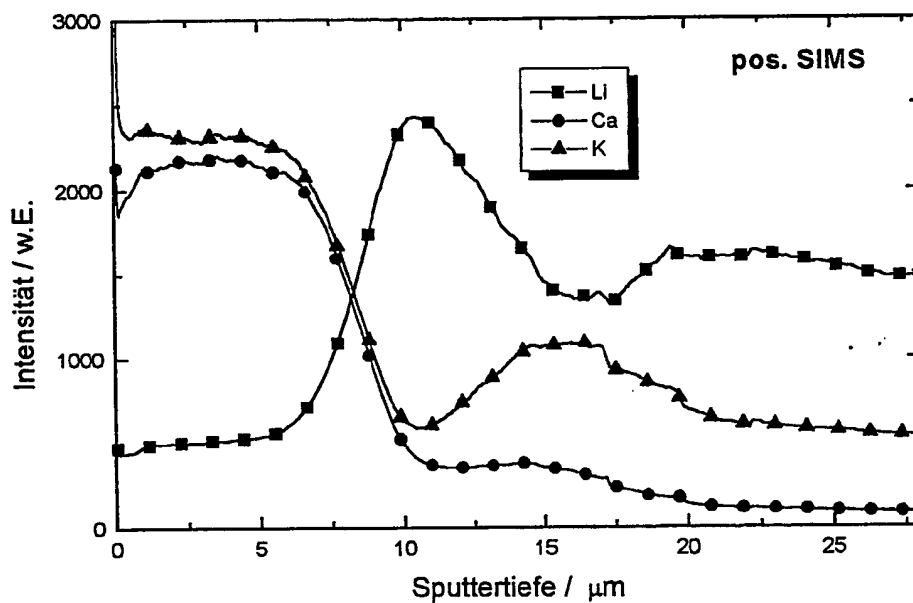
55

60

65



**Fig.1:** SEM-Querschnitt des Pb-freien, K- und Ca-haltigen Dekorglases Nr. 10 auf LAS Glaskeramik. Zur Unterscheidung von Kristall- und Glasbereichen wurde die Probe chemisch angeätzt (0,2% HF, 10sec).



**Fig. 2:** Li-, Ca- und K-SIMS-Tiefenprofile des Dekorglases aus Fig.1. Im Bereich der glasigen Schicht zeigt K eine deutliche Anreicherung, während Ca nur schwach erhöht ist.